

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 2 年 1 1 月 1 日
Date of Application:

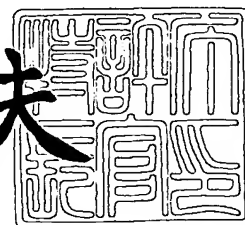
出 願 番 号 特 願 2 0 0 2 - 3 2 0 0 8 6
Application Number:
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 2 - 3 2 0 0 8 6]

出 願 人 東 芝 テ ッ ク 株 式 会 社
Applicant(s):

2 0 0 3 年 7 月 2 5 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号 出証特 2 0 0 3 - 3 0 5 9 3 6 4

【書類名】	特許願
【整理番号】	A000204664
【提出日】	平成14年11月 1日
【あて先】	特許庁長官 殿
【国際特許分類】	B41J 2/045
【発明の名称】	インクジェットヘッド及びインクジェット記録装置
【請求項の数】	3
【発明者】	
【住所又は居所】	静岡県三島市南町 6 番 7 8 号 東芝テック株式会社三島事業所内
【氏名】	楠 竜太郎
【特許出願人】	
【識別番号】	000003562
【氏名又は名称】	東芝テック株式会社
【代理人】	
【識別番号】	100058479
【弁理士】	
【氏名又は名称】	鈴江 武彦
【電話番号】	03-3502-3181
【選任した代理人】	
【識別番号】	100084618
【弁理士】	
【氏名又は名称】	村松 貞男
【選任した代理人】	
【識別番号】	100068814
【弁理士】	
【氏名又は名称】	坪井 淳

【選任した代理人】

【識別番号】 100092196

【弁理士】

【氏名又は名称】 橋本 良郎

【選任した代理人】

【識別番号】 100091351

【弁理士】

【氏名又は名称】 河野 哲

【選任した代理人】

【識別番号】 100088683

【弁理士】

【氏名又は名称】 中村 誠

【選任した代理人】

【識別番号】 100070437

【弁理士】

【氏名又は名称】 河井 将次

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 011567

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9709799

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 インクジェットヘッド及びインクジェット記録装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 インクを吐出させるためのノズルとこのノズルに連通する圧力発生室とからなる複数の流路と、前記各流路にインクを供給する共通インク室と、前記各流路の圧力発生室内に充填されたインクに圧力変化を与えて前記ノズルからインク滴を吐出させる圧力発生手段とを設けたインクジェットヘッドにおいて、

前記流路がインク充填状態にあるときの前記流路内のインクの慣性を M 、前記流路内のインクの粘性抵抗を R 、前記ノズルにおけるインクメニスカスの復帰力を K としたとき、ルート (K/M) を ω とし、 $(R/2M)$ を γ とすると、 $0.2 \leq \gamma^2 / \omega^2 \leq 1.0$ の関係を満たす物性の前記インク及び前記流路を有したことを特徴とするインクジェットヘッド。

【請求項 2】 前記流路は、前記共通インク室と圧力発生室との間に流体抵抗体を介在させたものであることを特徴とする請求項 1 記載のインクジェットヘッド。

【請求項 3】 請求項 1 または請求項 2 に記載のインクジェットヘッドを搭載したインクジェット記録装置であって、

前記ノズルから複数のインク滴を連続的に吐出させる駆動信号発生手段を具備したことを特徴とするインクジェット記録装置。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、オンデマインド方式のインクジェットヘッド及びこのヘッドを搭載したインクジェット記録装置に関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

以前より、インクが充填された圧力発生室内の圧力を圧電部材への電圧印加によって変化させて、該圧力発生室に連通したノズルの開口からインク滴を吐出さ

せるオンディマンド方式のインクジェットヘッドが知られている。この方式のインクジェットヘッドは、インク吐出口の密度を高めることができるという特徴を備えている。しかしながら、インク吐出動作の安定性を高めるとともに印刷速度の高速化を図ることは困難であった。

【0003】

すなわち、インク吐出動作を安定させるためには、インク吐出動作の開始時に、ノズル内のインクのメニスカス位置をノズルの開口付近に安定化させることが要求される。一方、印刷速度を速めるには、駆動周波数を高めればよいが、駆動周波数を高めるためには、インクの吐出動作によって後退したメニスカスが元の位置に復帰する速度、すなわちメニスカス復帰速度を向上させる必要がある。しかし、メニスカス復帰速度を向上させると、メニスカスの復帰に伴うインクの流れの慣性によって、メニスカスがノズルの開口よりオーバーシュートしてしまう。このため、メニスカス位置がノズルの開口付近で不安定になりやすい。メニスカス位置が不安定な状態でインク吐出動作が開始されると、吐出速度や吐出体積がばらついたり、場合によっては不吐出が発生したりして、吐出動作の安定性が損なわれやすい。このように、メニスカス位置の安定化と、メニスカス復帰速度の向上を互いに両立させることは難しかった。

【0004】

このような問題を解決するべく、従来、インクの物性とインク流路の形状との関係を数値的に規定し、目標とする最大の駆動周波数を 10 kHz とした場合に、環境温度が変化してもメニスカス位置の安定化とメニスカス復帰速度の向上を両立させるようにした技術が特許文献に開示されている。（例えば、特許文献 1 参照）

しかし、この特許文献に開示された従来技術においては、目標とする最大の駆動周波数を 10 kHz よりさらに高めようとした場合、メニスカスのオーバーシュートが大きく発生することが、本発明者のシミュレーションによって判明した。

【0005】

すなわち本発明者は、この従来技術に示されている数値範囲内の特性値として

下記の数値を用いて、1 滴のインク吐出させる動作のシミュレーションを行なった。

【0006】

イナータンスの総和 $mT = 9.8 \times 10^7$ [kg/m⁴]

音響抵抗の総和 $rT = 6.7 \times 10^{12}$ [Ns/m⁵]

インクの表面張力 = 30 [mN/m]

このシミュレーションにより、インク吐出動作終了後のメニスカス位置の変動を求めると、図 12 の実線 P で示す結果が得られた。

【0007】

なお、図 12 の縦軸のメニスカス体積位置 $v(t)$ とは、メニスカスの位置を体積で表記したものであり、図 13 (a) に示すように、インク 1 のメニスカスがノズル 2 の開口 2 a より後退している場合は、ノズル 2 の開口 2 a より内部の空気の体積 V_i をメニスカス体積位置の負の値とする。また、同図 (b) に示すように、インク 1 のメニスカスがノズル 2 の開口 2 a より前進している場合は、ノズル 2 の開口 2 a より突出している分のインク体積 V_o をメニスカス体積位置の正の値としたものである。

【0008】

図 12 において、点線 S 1, S 2 は、次のインク吐出動作の開始時に動作の安定性に支障をきたさないメニスカス体積位置 $v(t)$ の許容範囲を示したものである。通常に用いられる印刷条件の場合、吐出体積に対して ±5 % 以内であれば吐出安定性が得られる。したがって、図 12 から明らかなように、この従来技術に示されたインクジェットヘッドは、インク吐出後のメニスカスのオーバーシュートが大きく、メニスカスの変動が規定の許容範囲内に収まるまでの時間、すなわちメニスカス復帰時間が長い。このため、インクを吐出させるための駆動周波数を向上させることは困難である。

【0009】

ところで、階調印刷を行なう技術として、複数の小インク滴を連続的に吐出させる技術が従来から知られている（例えば特許文献 2 参照）。そこで本発明者は、この技術を先に述べた従来技術のインクジェットヘッドに適用し、7 滴のイン

ク滴を連続的に吐出した場合の吐出動作のシミュレーションも行ない、インク吐出動作終了後のメニスカス位置の変動を求めた。その結果、図12の二点鎖線Qで示す結果が得られた。

【0010】

図12に示されたように、複数の小インク滴を連続的に吐出させた場合には、1滴のみインクを吐出させた場合よりメニスカス復帰速度が大きくなる。このため、インク吐出後のメニスカスのオーバーシュートは1滴のみ吐出の場合よりさらに顕著である。したがって、複数の小インク滴を連続的に吐出させて階調印刷を行なう場合、メニスカス復帰時間の短縮はさらに困難である。

【0011】

【特許文献1】

特開 2000-117972号

【0012】

【特許文献2】

特開 2002-19103号

【0013】

【発明が解決しようとする課題】

このように、従来のこの種のインクジェットヘッドにおいては、インク吐出動作の安定性を高めるとともに印刷速度の高速化、すなわち高い駆動周波数でインクを吐出させることが困難であった。

【0014】

そこで本発明は、インク吐出動作の安定性を高めるとともに高い駆動周波数でインクを吐出させることができ、印刷速度の高速化を図ることができるインクジェットヘッド及びこのヘッドを搭載したインクジェット記録装置を提供しようとするものである。

【0015】

【課題を解決するための手段】

本発明は、上記課題を解決しその目的を達成するために、インクを吐出させるためのノズルとこのノズルに連通する圧力発生室とからなる複数の流路と、各流

路にインクを供給する共通インク室と、各流路の圧力発生室内に充填されたインクに圧力変化を与えてノズルからインク滴を吐出させる圧力発生手段とを設けたインクジェットヘッドにおいて、流路がインク充填状態にあるときの流路内のインクの慣性を M 、流路内のインクの粘性抵抗を R 、ノズルにおけるインクメニスカスの復帰力を K としたとき、ルート (K/M) を ω とし、 $(R/2M)$ を γ とすると、 $0.2 \leq \gamma^2 / \omega^2 \leq 1.0$ の関係を満たすように、インクの物性及び流路の形状を設定したものである。

【0016】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態を図面を用いて説明する。はじめに、第1の実施の形態について、図1～図6を用いて説明する。

【0017】

図1はインクジェットヘッド10の縦断面図、図2は図1中I—Iの矢視断面図である。このインクジェットヘッド10は、図示しない基板上に圧電部材からなるアクチュエータ11が固定され、アクチュエータ11の上に振動板12が取り付けられ、振動板12の上に天板13が固定されている。また、天板13とアクチュエータ11との前端に、インクを吐出させるための複数のノズル14を形成したノズルプレート15が貼り付けられている。ノズル14の詳細を図3に示す。図示するように、ノズル14は、板厚 L_n のノズルプレート15の前面側に直径 D_o の開口を、後面側に直径 D_i ($D_i > D_o$) の開口をそれぞれ形成し、両開口間を連通して形成されている。

【0018】

天板13には、ノズルプレート15に形成された各ノズル14にそれぞれ対応して、長さ L_c 、幅 W_c 、高さ H で示される複数の圧力発生室16が形成されており、各圧力発生室16の先端とそれに対応する各ノズル14の後端とが連通している。また天板13には、各圧力発生室16にインクを供給するための共通インク室17が形成されており、各圧力発生室16の後端は共通インク室17と連通している。共通インク室17には、インク補給口18が形成されており、このインク補給口18を通して図示しないインク補給手段によりインクが供給される。

ようになっている。

【0019】

前記アクチュエータ11には、電極19a, 19bが設けられており、この電極19a, 19bに印加される電圧によってアクチュエータ11が伸縮する。アクチュエータ11が伸縮すると、振動板12を介して圧力発生室16の容積が変化し、圧力発生室16の容積が変化すると、圧力発生室16内に充填されているインクの圧力が変化してノズル14からインク滴が吐出される。ここに、ノズル14とそれに対応する圧力発生室16とは、共通インク室17から供給されるインクの流路となっている。

【0020】

図4はかかる構成のインクジェットヘッド10を搭載したインクジェット記録装置20の要部構成を示すブロック図である。インクジェット記録装置20は、各部を制御するプリンタコントローラ21と、このプリンタコントローラ21からの印刷データを記憶する画像メモリ22と、前記プリンタコントローラ21によって制御され、画像メモリ22に記憶された印刷データを読み出してヘッド駆動回路24に転送する印刷データ転送回路23とを備えている。ヘッド駆動回路24は、印刷データ転送回路23から転送される印刷データに基づいてインクジェットヘッド10を駆動するようになっている。ヘッド駆動回路24がインクジェットヘッド10を駆動するときの駆動波形は、駆動波形制御回路26によって生成される。駆動波形制御回路26は、プリンタコントローラ21によって制御されるようになっている。

【0021】

第1の実施の形態において、インクジェットヘッド10に印加される駆動波形を図5に示す。この駆動波形は、インクジェットヘッド10の圧力発生室16を拡張させる拡張パルス31と、圧力発生室16を収縮させる収縮パルス32とからなり、インクジェットヘッド10の電極19a, 19bに印加されることによって、1個のインク滴の吐出動作が行なわれるようになっている。

【0022】

ここで、拡張パルス31の中心と収縮パルス32の中心との時間差は、インク

の主音響共振周期 T_c に合わせられている。また、拡張パルス 31 のパルス幅と収縮パルス 32 のパルス幅との比は、音響的な残留振動がほとんど相殺されるように調整されている。こうすることによって、インク吐出動作後のメニスカス位置の変動が残留圧力振動に乱されることがなくなり、メニスカス位置の変動は、インクの表面張力による比較的低速度の運動だけとなる。

【0023】

このような構成のインクジェット記録装置に搭載されたインクジェットヘッド 10 において、インク滴が吐出された後、メニスカスが復帰するまでのメニスカスの運動について、以下に説明する。

【0024】

時刻 t におけるメニスカスの体積位置を $v(t)$ とすると、 $v(t)$ に係わる運動方程式は、次式 (1) で表わされる。

【0025】

【数 1】

$$M \frac{d^2 v(t)}{dt^2} = -Kv(t) - R \frac{dv(t)}{dt} \quad \dots\dots (1)$$

【0026】

ここで、メニスカス体積位置とは、図 13 (a), (b) で説明したように、インク 1 のメニスカスがノズル 2 の開口 2a より後退している場合はノズル 2 の開口 2a より内部の空気の体積 V_i をメニスカス体積位置の負の値とし、インク 1 のメニスカスがノズル 2 の開口 2a より前進している場合はノズル 2 の開口 2a より突出している分のインク体積 V_o をメニスカス体積位置の正の値としている。

【0027】

式 (1) において、 M は流路内のインクの慣性を示す。 M の値は、 ρ をインクの密度、 L_c を圧力発生室 16 の長さ、 L_n をノズル 14 の長さ、 $S(x)$ を位置 x における流路の断面積とすると、次式 (2) で与えられる。

【0028】

【数 2】

$$M = \rho \int_0^{L_c + L_n} \frac{dx}{S(x)} \quad \dots\dots (2)$$

【0029】

また、Kはメニスカスの復帰力を示し、メニスカスの体積位置を v 、インクの表面張力によりメニスカスの表面に発生する圧力を P_s としたとき、次式(3)で定義される。

【0030】

【数 3】

$$K = \lim_{v \rightarrow 0} \frac{P_s}{v} \quad \dots\dots (3)$$

【0031】

圧力 P_s は、インクの表面張力を σ とし、メニスカスの曲率半径を r としたとき、次式(4)で計算される。

【0032】

【数 4】

$$P_s = \frac{2\sigma}{r} \quad \dots\dots (4)$$

【0033】

メニスカスの曲率半径 r は、ノズルの出口径を D_o とすると、メニスカス体積位置 v の関数として、次式(5)で計算される。

【0034】

【数 5】

$$r = \frac{1}{192\nu} \left(\sqrt[3]{\frac{\xi}{\pi}} + \frac{Do^8 \pi^{\frac{7}{3}}}{\sqrt[3]{\xi}} + Do^4 \pi \right) \quad \dots\dots (5)$$

ただし、 ξ は次式 (6) で表わされる。

【0 0 3 5】

【数 6】

$$\xi = \pi^4 Do^{12} + 4608\pi^2 \nu^2 Do^6 + 2654208\nu^4 + 96(\pi^2 \nu Do^6 + 1152\nu^3) \sqrt{\pi^2 Do^6 + 576\nu^2} \quad \dots\dots (6)$$

以上の式 (3) ～ (6) より、メニスカス復帰力 K は次式 (7) として計算することができる。

【0 0 3 6】

【数 7】

$$K = \frac{384\sigma}{3\pi Do^4} \quad \dots\dots (7)$$

【0 0 3 7】

さらに、 R は流路内のインクの粘性抵抗を示す。 R の値は、位置 x における単位流量あたりの粘性圧力勾配を $r(x)$ とすると、次式 (8) で与えられる。

【0 0 3 8】

【数 8】

$$R = \int_0^{Lc+Ln} r(x) dx \quad \dots\dots (8)$$

【0 0 3 9】

インクジェットヘッド 10 において、式 (2) 及び式 (8) の右辺を具体的に計算する。まず、位置 x が 0 から Lc の範囲、すなわち流路の圧力発生室 16 の部分では、式 (2) の右辺は次式 (9) で表わされ、式 (8) の右辺は次式 (10) で表わされる。

【0 0 4 0】

【数 9】

$$\int_0^{L_c} \frac{dx}{S(x)} = \frac{L_c}{W_c H} \quad \dots\dots (9)$$

【0041】

【数 10】

$$\int_0^{L_c} r(x) dx = \frac{12\mu L_c}{W_c H^3} \quad \dots\dots (10)$$

【0042】

また、位置 x が L_c から $L_c + L_n$ の範囲、すなわち流路のノズル 14 の部分では、式 (2) の右辺は次式 (11) で表わされ、式 (8) の右辺は次式 (12) で表わされる。

【0043】

【数 11】

$$\int_{L_c}^{L_c + L_n} \frac{dx}{S(x)} = \frac{4L_n}{\pi D_i D_o} \quad \dots\dots (11)$$

【0044】

【数 12】

$$\int_{L_c}^{L_c + L_n} r(x) dx = \frac{128\mu (D_i^2 + D_i D_o + D_o^2) L_n}{3\pi (D_i D_o)^3} \quad \dots\dots (12)$$

【0045】

以上の式 (9), (10), (11) 及び (12) により、式 (2) のインクの慣性 M は次式 (13) で表わされ、式 (8) のインクの粘性抵抗 R は次式 (14) で表わされる。

【0046】

【数 13】

$$M = \rho \left(\frac{L_c}{W_c H} + \frac{4L_n}{\pi D_i D_o} \right) \quad \dots\dots (13)$$

【0047】

【数14】

$$R = \mu \left\{ \frac{12Lc}{WcH^3} + \frac{128(Di^2 + DiDo + Do^2)Ln}{3\pi(DiDo)^3} \right\} \quad \dots\dots (14)$$

【0048】

さて、以上のようにして定まるインクの慣性M、インクメニスカスの復帰力K及びインクの粘性抵抗Rを基に、係数 ω を次式(15)のように定義し、係数 γ を次式(16)のように定義する。

【0049】

【数15】

$$\omega = \sqrt{\frac{K}{M}} \quad \dots\dots (15)$$

【0050】

【数16】

$$\gamma = \frac{R}{2M} \quad \dots\dots (16)$$

【0051】

そうすると、メニスカスの運動方程式である前記式(1)は、次式(17)と表わすことができる。

【0052】

【数17】

$$\frac{d^2v(t)}{dt^2} + 2\gamma \frac{dv(t)}{dt} + \omega^2 v(t) = 0 \quad \dots\dots (17)$$

【0053】

この式(17)のメニスカス体積位置 $v(t)$ についての解は、次式(18)

となる。ただし、式 (18) において、A 及び B は任意定数である。

【0054】

【数18】

$$v(t) = Ae^{(-r+\sqrt{r^2-\omega^2})t} + Be^{(-r-\sqrt{r^2-\omega^2})t} \quad \dots\dots (18)$$

【0055】

この式 (18) により、 $\gamma^2 - \omega^2 < 0$ の場合、メニスカス体積位置 $v(t)$ は振動する解が得られるので、メニスカスがオーバーシュートすることがわかる。

【0056】

$\gamma^2 - \omega^2 < 0$ の一例として、 $\gamma^2 / \omega^2 = 0.1$ とした場合において、1 滴のインクを吐出させる動作のシミュレーションを行ったときのインク吐出動作終了後のメニスカス位置の変動を求めると、図 6 (a) の実線 P1 で示す結果が得られた。また、 $\gamma^2 - \omega^2 < 0$ の他の例として、 $\gamma^2 / \omega^2 = 0.5$ とした場合において、同様のシミュレーションを行ったときのインク吐出動作終了後のメニスカス位置の変動を求めると、図 6 (b) の実線 P2 で示す結果が得られた。また、 $\gamma^2 = \omega^2$ 、つまり $\gamma^2 / \omega^2 = 1.0$ とした場合において、同様のシミュレーションを行ったときのインク吐出動作終了後のメニスカス位置の変動を求めると、図 6 (c) の実線 P3 で示す結果が得られた。さらに、 $\gamma^2 - \omega^2 > 0$ の一例として、 $\gamma^2 / \omega^2 = 2.0$ とした場合において、同様のシミュレーションを行ったときのインク吐出動作終了後のメニスカス位置の変動を求めると、図 6 (d) の実線 P4 で示す結果が得られた。

【0057】

なお、図 6 中の点線 S1, S2 は、インク吐出動作開始時に動作の安定性に支障をきたさないメニスカス変動の範囲を示したものであり、その範囲は吐出体積に対して $\pm 5\%$ としている。これは、その許容範囲として、吐出体積に対して $\pm 5\%$ 以内であれば、通常に用いられる印刷条件で吐出安定性が得られるからである。

【0058】

図6 (d) に示されるように、 $\gamma^2 - \omega^2 > 0$ 、すなわち $\gamma^2 / \omega^2 > 1$ の場合には、メニスカス体積位置 $v(t)$ は過減衰状態となり、メニスカスのオーバーシュートはないものの、メニスカスの復帰速度が遅い。また、図6 (a), (b) に示されるように、 $\gamma^2 - \omega^2 < 0$ 、すなわち $\gamma^2 / \omega^2 < 1$ の場合は、メニスカス体積位置 $v(t)$ は減衰振動状態となり、メニスカスの復帰速度は速いものの、メニスカスはオーバーシュートする。これに対して、 $\gamma^2 = \omega^2$ 、すなわち $\gamma^2 / \omega^2 = 1$ の場合は、メニスカス体積位置 $v(t)$ は臨界減衰状態となり、メニスカスがオーバーシュートしない条件では、メニスカスの復帰速度が最速になる。

【0059】

したがって、 $\gamma^2 = \omega^2$ となるようにすれば、メニスカスのオーバーシュートが発生しない範囲でメニスカスの復帰速度を最速にできることがわかる。しかし実際には、 $\gamma^2 / \omega^2 = 0.5$ の場合のように、オーバーシュートがわずかな場合は、それを許容することができ、その方がさらにメニスカス変動が許容値に収まるまでの時間、すなわちメニスカス復帰時間を短縮できる。

【0060】

そこで、図7の曲線C1のようにインクの粘度を変えることによって γ^2 / ω^2 の値を変化させ、メニスカス復帰時間を調べて見ると、図8の記号“○”で示す値を取る。この値から、第1の実施の形態では、 γ^2 / ω^2 が0.4のときメニスカスの復帰時間が最短になることがわかる。

【0061】

したがって、第1の実施の形態では、 $\gamma^2 / \omega^2 = 0.4$ となるべく、インク慣性M、インク粘性抵抗R及びインクメニスカス復帰力Kがそれぞれ下記の値となるようにインクの物性及び流路の形状を設定してインクジェットヘッド10を構成することによって、メニスカスの復帰時間を短縮することができる。

【0062】

インク慣性M = $9.82 \times 10^7 \text{ kg/m}^4$

インク粘性抵抗R = $1.90 \times 10^{13} \text{ N s/m}^5$

メニスカス復帰力K = $2.30 \times 10^{18} \text{ N/m}^5$

その結果、インク吐出動作の安定性と駆動周波数の向上すなわち印刷速度の高速化とを両立させることができる。

【0063】

次に、本発明の第2の実施の形態について説明する。なお、この第2の実施の形態において、インクジェットヘッド及びインクジェット記録装置の構造は第1の実施の形態と同一であるので、図1～図4を用いてその説明を省略する。

【0064】

第2の実施の形態においては、駆動信号発生手段である駆動波形制御回路26の制御によってインクジェットヘッド10に印加される駆動波形を図9に示す波形とする。この波形は、第1の実施の形態で用いた駆動波形を7つ連続的につなげたもので、拡張パルス31-1～31-7は圧力発生室16を拡張させ、収縮パルス32-1～32-7は圧力発生室16を収縮させる。この駆動波形がインクジェットヘッド10の電極19a, 19bに印加されることによって、7個の小インク滴が連続的にノズル14から吐出動作され、記録媒体上の同一画素内に付着される。このときの小インク滴の数を変化させて、記録媒体上の同一画素内に付着するインクの量を変化させることによって、階調印刷を行なうことができる。

【0065】

この第2の実施の形態においても、第1の実施の形態と同様なシミュレーションを行ない、図7の曲線C1のようにインクの粘度を変えることによって γ^2/ω^2 の値を変化させ、メニスカス復帰時間を調べて見ると、図8の記号“□”で示す値を取る。この値から、第2の実施の形態では、 γ^2/ω^2 が0.5のときメニスカスの復帰時間が最短になることがわかる。

【0066】

したがって、第2の実施の形態では、 $\gamma^2/\omega^2 = 0.5$ となるべく、インク慣性M、インク粘性抵抗R及びインクメニスカス復帰力Kがそれぞれ下記の値となるようにインクの物性及び流路の形状を設定してインクジェットヘッド10を構成することによってメニスカスの復帰時間を短縮でき、インク吐出動作の安定性と印刷速度の高速化の両立を図ることができる。

【0067】

インク慣性 $M = 9.82 \times 10^7 \text{ kg/m}^4$

インク粘性抵抗 $R = 2.13 \times 10^{13} \text{ N s/m}^5$

メニスカス復帰力 $K = 2.30 \times 10^{18} \text{ N/m}^5$

このように、ノズル 14 から複数のインク滴を連続的に吐出させる第 2 の実施の形態においては、1 滴のインクを吐出させる第 1 の実施の形態よりメニスカスの復帰時間を短縮することができる。これは、連続的に複数のインク滴を吐出させる場合、メニスカスの復帰速度が 1 滴のみの吐出の場合より大きくなる性質があるためである。従来技術ではメニスカス復帰速度が大きすぎてオーバーシュートが大きくなり、メニスカス復帰時間は 1 滴のみ吐出の場合より長かったのであるが、本実施の形態によりメニスカスのオーバーシュートが抑制されたことで、メニスカス復帰時間が 1 滴のみ吐出の場合より短くなるという相乗効果が得られた。

【0068】

次に、本発明の第 3 の実施の形態について説明する。

【0069】

図 1-0 は第 3 の実施の形態におけるインクジェットヘッド 100 の縦断面図であり、図 1 と同一機能を有する部分には同一符号を付している。なお、このインクジェットヘッド 100 の図 10 中 I-I 矢視断面図は第 1 及び第 2 の実施の形態のインクジェットヘッド 10 と同じなので、図 2 を用いてその説明を省略する。

【0070】

インクジェットヘッド 100 は、図示しない基板上に圧電部材からなるアクチュエータ 11 が固定され、アクチュエータ 11 の上に振動板 12 が取付けられ、振動板 12 の上に天板 13 が固定されている。また、天板 13 とアクチュエータ 11 との前端に、インクを吐出させるための複数のノズル 14 を形成したノズルプレート 15 が貼り付けられている。天板 13 には、ノズルプレート 15 に形成された各ノズル 14 にそれぞれ対応して複数の圧力発生室 16 が形成されており、各圧力発生室 16 の先端とそれに対応する各ノズル 14 の後端とが連通している。

【0071】

天板13とアクチュエータ11との後端には、オリフィスプレート41を介して側板42が固定されている。オリフィスプレート41には、各圧力発生室16と対応する位置に小孔を有するオリフィス43が穿設されている。オリフィス43の詳細を図11に示す。図示するように、オリフィス43は、板厚 L_m のオリフィスプレートの後面側から前面側に一定の直径 D_m で貫通するように形成されている。

【0072】

側板42には、各圧力発生室16にインクを供給するための共通インク室17が形成されており、各圧力発生室16の後端はそれぞれオリフィス43を介して共通インク室17と連通している。共通インク室17には、インク補給口18が形成されており、このインク補給口18を通して図示しないインク補給手段によりインクが供給されるようになっている。ここに、オリフィス43は、共通インク室17から供給されるインク流路の一部を形成し、流体抵抗体として作用する。

【0073】

かかる構成のインクジェットヘッド100を搭載したインクジェット記録装置20の要部構成は、図4と同じである。この第3の実施の形態においては、第2の実施の形態と同様に、図9に示す駆動波形をインクジェットヘッド100に印加して、7個の小インク滴を連続的にノズル14から吐出動作させて、階調印刷を行なうものとする。

【0074】

この場合、インクの慣性 M とインクの粘性抵抗 R を計算する際に、オリフィス43による抵抗成分も加味する必要がある。すなわち、オリフィス43の長さを L_m とすると、インクの慣性 M は、前記式(2)の代わりに次式(19)で与えられる。

【0075】

【数 1 9】

$$M = \rho \int_0^{L_m + L_c + L_n} \frac{dx}{S(x)} \quad \dots\dots (19)$$

【0 0 7 6】

また、インクの粘性抵抗 R は、前記式 (8) の代わりに次式 (20) で与えられる。

【0 0 7 7】

【数 2 0】

$$R = \int_0^{L_m + L_c + L_n} r(x) dx \quad \dots\dots (20)$$

【0 0 7 8】

インクジェットヘッド 1 0 0 において、式 (19) 及び式 (20) の右辺を具体的に計算する。まず、位置 x が 0 から L m の範囲、すなわち流路のオリフィス 4 3 の部分では、オリフィス 4 3 の穴径を D m とすると、式 (19) の右辺は次式 (21) で表わされ、式 (20) の右辺は次式 (22) で表わされる。

【0 0 7 9】

【数 2 1】

$$\int_0^{L_m} \frac{dx}{S(x)} = \frac{4 L_m}{\pi D_m^2} \quad \dots\dots (21)$$

【0 0 8 0】

【数 2 2】

$$\int_0^{L_m} r(x) dx = \frac{128 \mu L_m}{\pi D_m^4} \quad \dots\dots (22)$$

【0 0 8 1】

また、位置 x が L m から L m + L c の範囲、すなわち流路の圧力発生室 1 6 の

部分と、 $L_m + L_c$ から $L_m + L_c + L_n$ の範囲、すなわち流路のノズル 14 の部分では、第 1 の実施の形態と同じなので、式 (19) の右辺はそれぞれ前記式 (9) 及び式 (11) で表わされ、式 (20) の右辺はそれぞれ前記式 (10) 及び式 (12) で表わされる。

【0082】

以上の式 (21), (22), (9), (10), (11) 及び (12) により、式 (19) のインク慣性 M は次式 (23) で表わされ、式 (20) のインク粘性抵抗 R は次式 (24) で表わされる。

【0083】

【数 23】

$$M = \rho \left(\frac{4L_m}{\pi D_m^2} + \frac{L_c}{WcH} + \frac{4L_n}{\pi DiDo} \right) \quad \dots\dots (23)$$

【0084】

【数 24】

$$R = \mu \left\{ \frac{128\mu L_m}{\pi D_m^4} + \frac{12L_c}{WcH^3} + \frac{128(Di^2 + DiDo + Do^2)L_n}{3\pi(DiDo)^3} \right\} \quad \dots\dots (24)$$

【0085】

なお、インクメニスカスの復帰力 K は、前記式 (7) を用いることができる。

【0086】

この第 3 の実施の形態においても、第 1 及び第 2 の実施の形態と同様なシミュレーションを行ない、図 7 の曲線 C2 のようにインクの粘度を変えることによって γ^2 / ω^2 の値を変化させ、メニスカス復帰時間を調べて見ると、図 8 の記号 “△” で示す値を取る。この値から、第 3 の実施の形態では、 γ^2 / ω^2 が 0.5 のときメニスカスの復帰時間が最短になることがわかる。

【0087】

したがって、第 3 の実施の形態では、 $\gamma^2 / \omega^2 = 0.5$ となるべく、インク慣性 M 、インク粘性抵抗 R 及びインクメニスカス復帰力 K がそれぞれ下記の値と

なるようにインクの物性及び流路の形状を設定してインクジェットヘッド100を構成することによってメニスカスの復帰時間をさらに短縮でき、インク吐出動作の安定性と印刷速度の高速化の両立を図ることができる。

【0088】

インク慣性 $M = 1.13 \times 10^8 \text{ kg/m}^4$

インク粘性抵抗 $R = 2.28 \times 10^{13} \text{ N s/m}^5$

メニスカス復帰力 $K = 2.30 \times 10^{18} \text{ N/m}^5$

このように、共通インク室17と圧力発生室16とを連通する流路に流体抵抗体として作用するオリフィス43を介在させた第3の実施の形態においては、第1及び第2の各実施の形態よりメニスカスの復帰時間を短縮することができる。これは、オリフィス43の作用によりインク慣性 M をあまり大きくしなくてもインクの粘性抵抗 R を大きくすることができ、比較的容易に γ^2/ω^2 の値を大きくすることができるためである。したがって、オリフィス43が設けられていない第1及び第2の実施の形態より、低粘度のインクで最適な γ^2/ω^2 を得ることができる。

【0089】

一般に、インク粘度が高いと、インク吐出時にインクミストが発生しやすくなる傾向がある。インクミストの発生は、ノズル14の周囲や記録媒体を汚すので、望ましくない。したがって、第3の実施の形態のように流体抵抗体を設けることによって、印刷時にインクミストの発生を低減させることができ、好都合である。

【0090】

なお、前記第1～第3の各実施の形態では、それぞれメニスカスの復帰時間が最短となるように γ^2/ω^2 を選択したが、インクジェットヘッド10, 100が動作する環境温度の変化によって、インクの粘度が変化し、 γ^2/ω^2 が変動する場合がある。あるいは、インクジェットヘッド10, 100の設計上の都合から、必ずしもメニスカス復帰時間を最小化する γ^2/ω^2 を選択できない場合もあり得る。そのような場合でも、図8に示されるように、 γ^2/ω^2 が0.2～1.0の範囲内であればメニスカス復帰時間を短縮することができ、インクの

吐出安定性と印刷速度の高速化を両立することができる。

【0091】

また、各実施の形態では、インク慣性 M とインク粘性抵抗 R の算出に比較的簡単な数式を用いたが、インク流路の形状によっては、これらの値の算出が難しい場合がある。その場合でも市販の数値流体解析プログラムを用いることによって、インク慣性 M やインク粘性抵抗 R を求めることができる。

【0092】

また、各実施の形態では、流体抵抗体として小孔を有するオリフィス43を用いたが、そのほかに網状の物、多孔質の物など、様々な物を流体抵抗体として適用することができる。

【0093】

【発明の効果】

以上詳述したように、本発明によれば、インク吐出動作の安定性を高めるとともに高い駆動周波数でインクを吐出させることができ、印刷速度の高速化を図ることができるインクジェットヘッド及びこのヘッドを搭載したインクジェット記録装置を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の第1の実施の形態におけるインクジェットヘッドの縦断面図。

【図2】 図1におけるI-I矢視断面図。

【図3】 図1におけるノズル部分の詳細図。

【図4】 第1の実施の形態におけるインクジェット記録装置の要部構成を示すブロック図。

【図5】 第1の実施の形態においてインクジェットヘッドに印加される駆動波形を示す波形図。

【図6】 第1の実施の形態において γ^2/ω^2 の値とメニスカス復帰運動との関係を示す図。

【図7】 インク粘度と γ^2/ω^2 の値との関係を示す図。

【図8】 γ^2/ω^2 の値とメニスカス復帰時間との関係を示す図。

【図 9】 本発明の第 2 の実施の形態においてインクジェットヘッドに印加される駆動波形を示す波形図。

【図 1 0】 本発明の第 3 の実施の形態におけるインクジェットヘッドの縦断面図。

【図 1 1】 図 1 0 におけるオリフィス部分の詳細図。

【図 1 2】 従来のインクジェットヘッドのメニスカス復帰運動を示す図。

【図 1 3】 メニスカス体積位置を説明するための模式図。

【符号の説明】

1 0, 1 0 0 …インクジェットヘッド

1 1 …アクチュエータ

1 2 …振動板

1 4 …ノズル

1 6 …圧力発生室

1 7 …共通インク室

1 9 a, 1 9 b …電極

2 1 …プリンタコントローラ

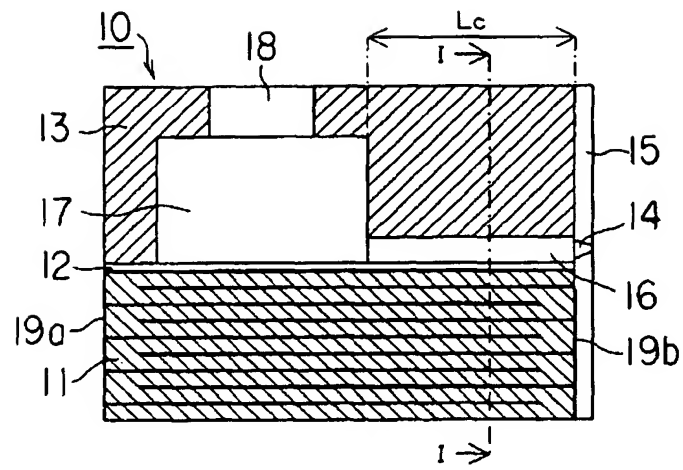
2 5 …駆動波形制御回路

2 6 …ヘッド駆動回路

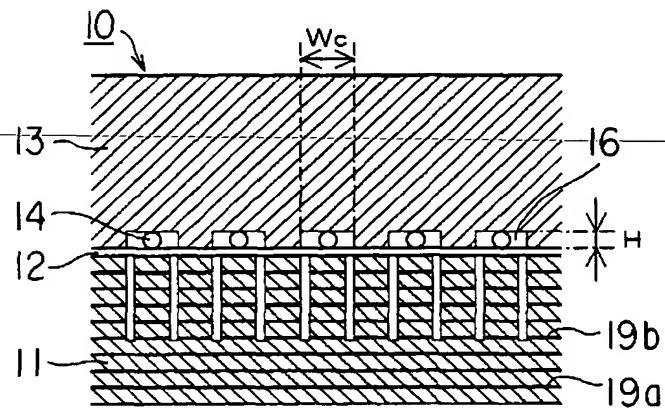
4 3 …オリフィス

【書類名】 図面

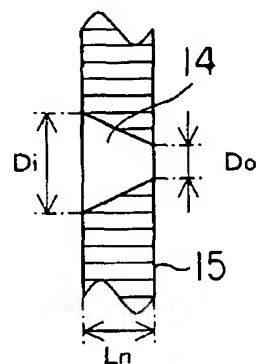
【図 1】



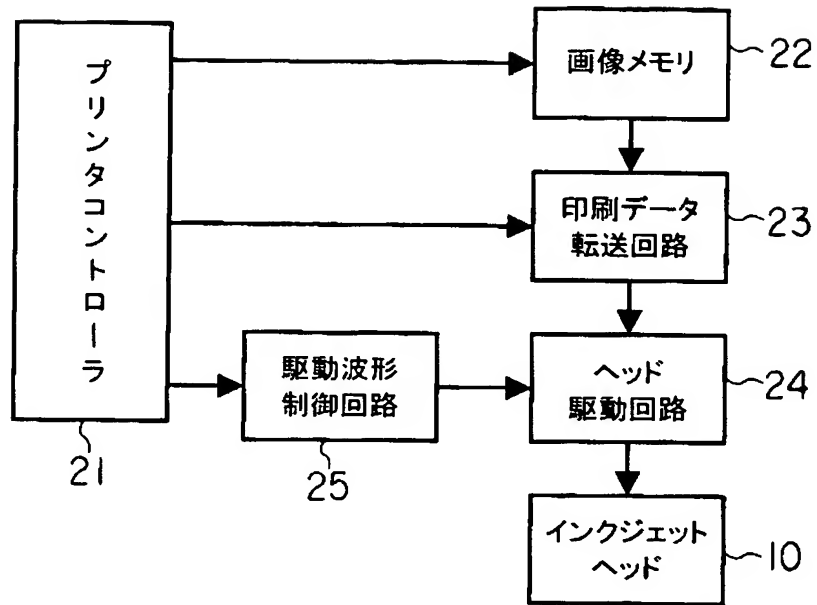
【図 2】



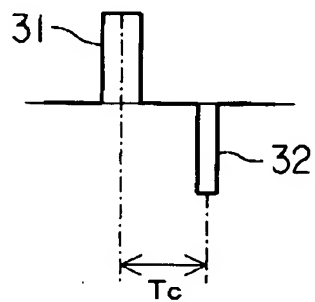
【図 3】



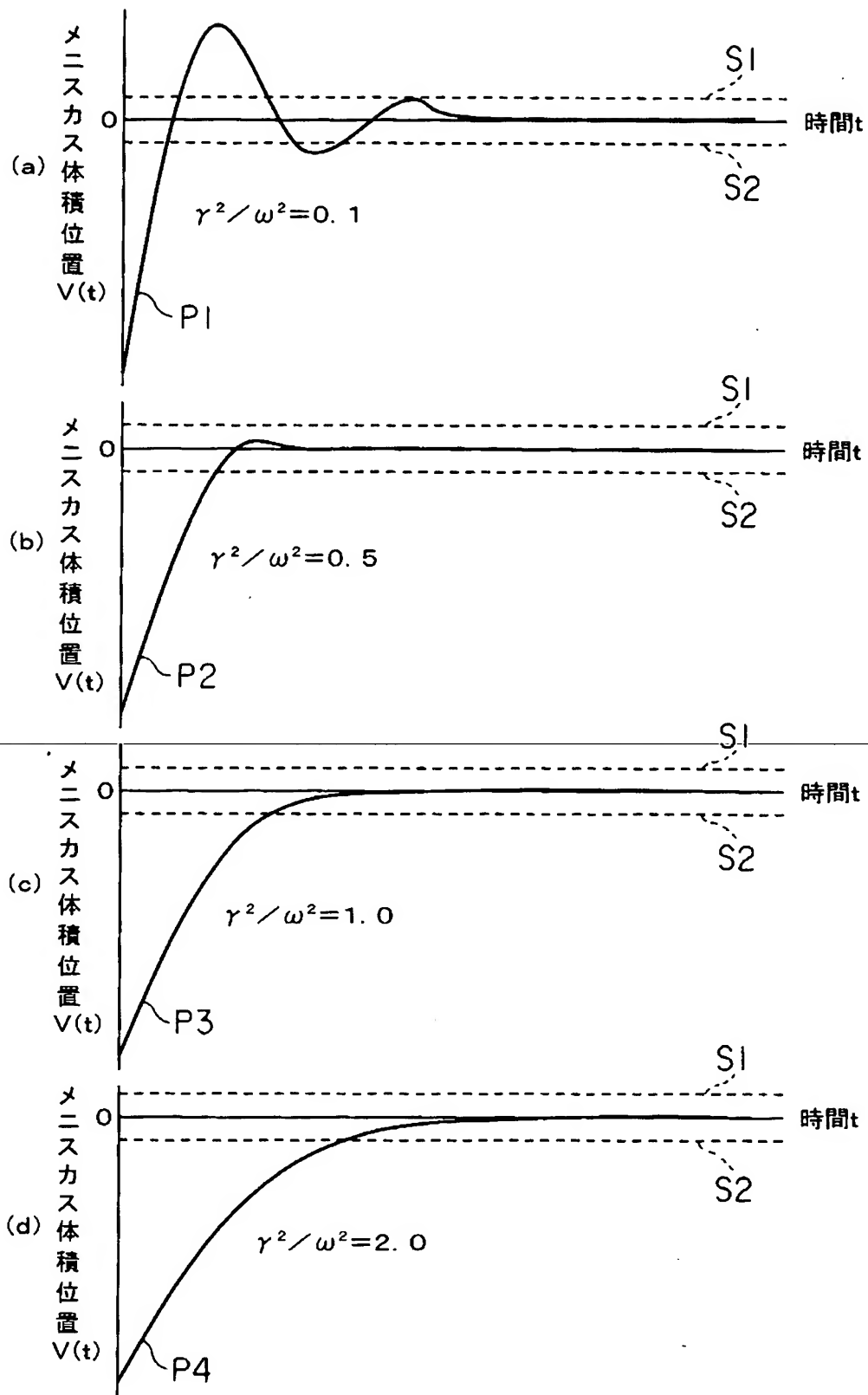
【図 4】



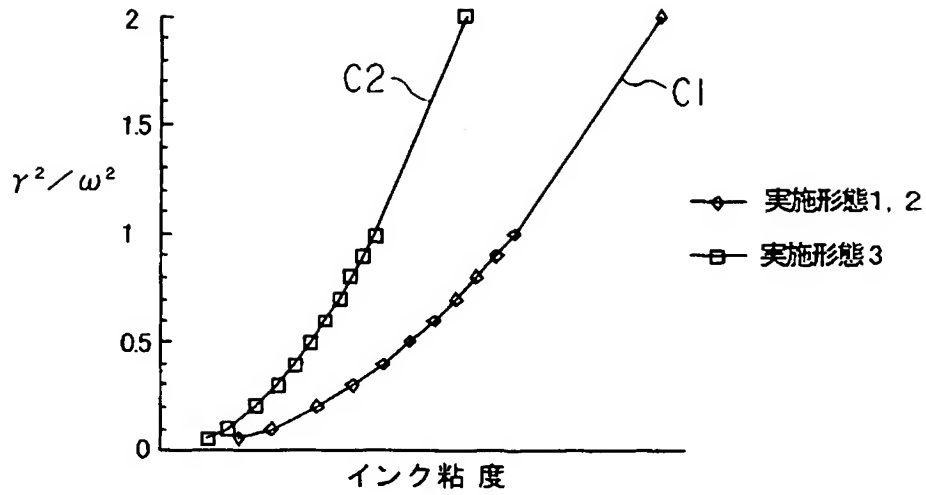
【図 5】



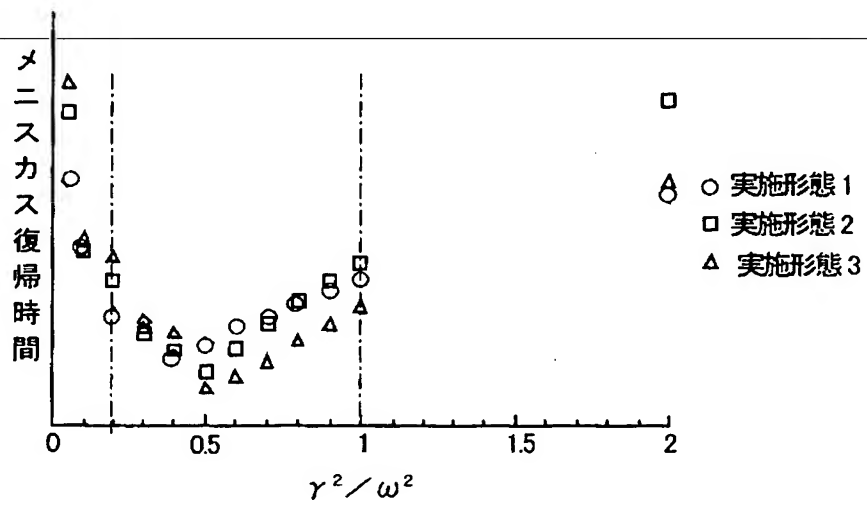
【図6】



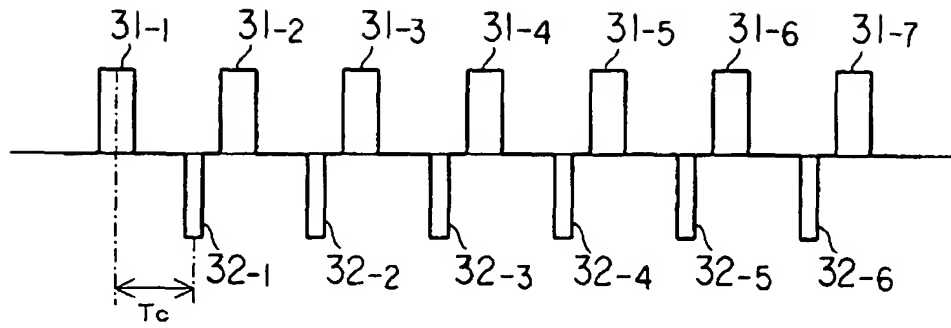
【図 7】



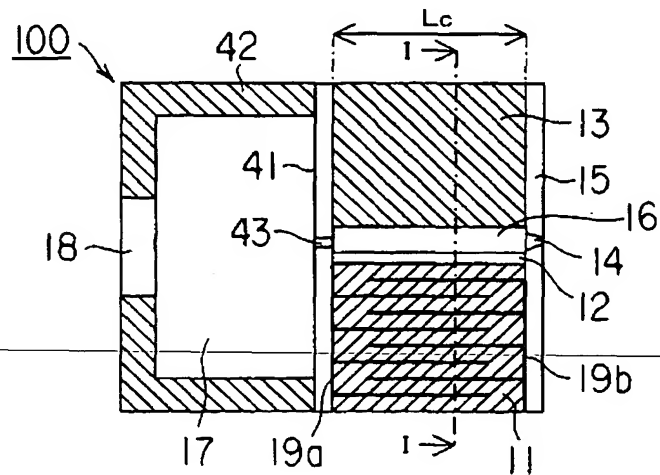
【図 8】



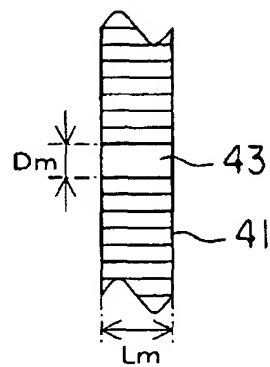
【図 9】



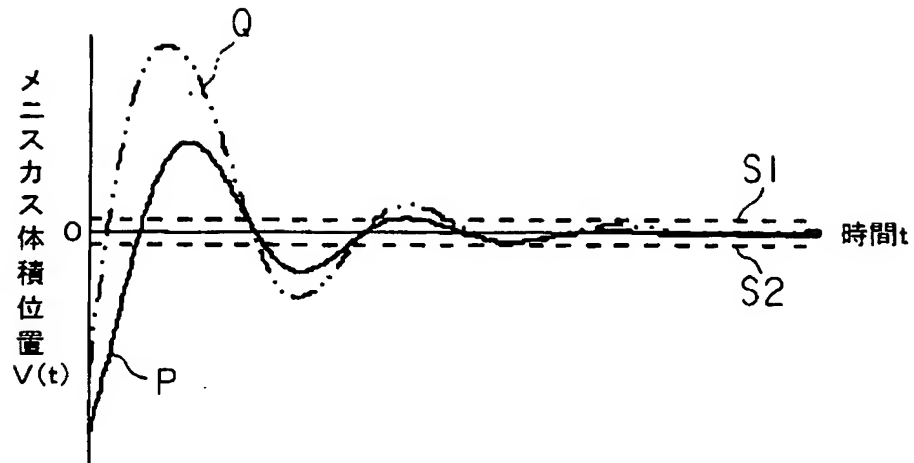
【図 10】



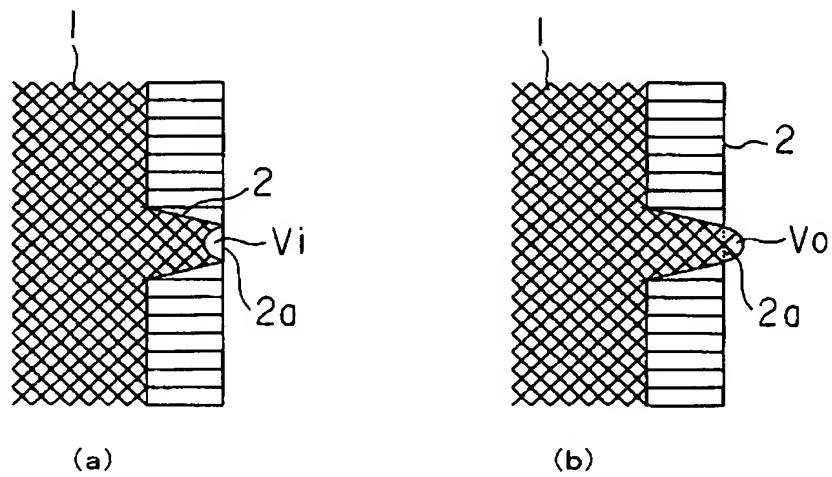
【図 11】



【図 12】



【図 13】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 インク吐出動作の安定性と印刷速度の高速化の両立を図る。

【解決手段】 ノズル 14 と圧力発生室 16 とからなる流路がインク充填状態にあるときの流路内のインクの慣性を M 、流路内のインクの粘性抵抗を R 、ノズルにおけるインクメニスカスの復帰力を K としたとき、ルート (K/M) を ω とし、 $(R/2M)$ を γ とすると、 $0.2 \leq \gamma^2 / \omega^2 \leq 1.0$ の関係を満たすように、インクの物性及び流路の形状を設定する。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 2 - 3 2 0 0 8 6

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 3 5 6 2]

1. 変更年月日
[変更理由]

1 9 9 9 年 1 月 1 4 日

名称変更

住所変更

住 所
氏 名

東京都千代田区神田錦町 1 丁目 1 番地

東芝テック株式会社

2. 変更年月日
[変更理由]

2 0 0 3 年 4 月 2 5 日

名称変更

住所変更

住 所
氏 名

東京都千代田区神田錦町 1 丁目 1 番地

東芝テック株式会社
